

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.

Forschungsbericht 2002-25

Die Analyse von zylinderkonformen
und quasi-zylinderkonformen
Antennen in Streifenleitungstechnik

Michael Thiel

Institut für Kommunikation und
Navigation
Oberpfaffenhofen

200 Seiten
97 Bilder
7 Tabellen
120 Literaturstellen



DLR

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Konforme Streifenleitungsantennen	5
2.1	Berechnungsverfahren durch Modellbildung	6
2.2	Numerische Berechnungsverfahren	7
3	Feldberechnung zylindrischer Streifenleitungsstrukturen	13
3.1	Normierung	15
3.2	Feldgleichungen und deren Matrixformulierungen	15
3.3	Ersatzschaltbild	23
3.3.1	Beispiele für Systemgleichungen	25
3.4	Die Green'sche Dyade im Spektralbereich	27
3.5	Die Green'sche Dyade im Ortsbereich für kreisförmig geschlossene Zylinder	30
3.6	Modenentwicklung der Green'schen Dyade für zylindrische Sektorstrukturen	32
3.7	Eigenschaften der dyadischen Green'schen Funktion	36
3.7.1	Symmetrieeigenschaften	36
3.7.2	Verzweigungsschnitt	37
3.7.3	Oberflächenwellen dielektrischer Wellenleiter	38
3.7.4	Oberflächenwellen von Streifenleitungsstrukturen	40
3.7.5	Leckwellen	44
3.8	Asymptotische Näherungen der Green'schen Dyade im Spektralbereich	45
3.8.1	Asymptotisches Verhalten für $ k_z \rightarrow \infty$	46
3.8.2	Asymptotisches Verhalten für $ \nu_i \rightarrow \infty$	49
3.8.3	Asymptoten für aperturgekoppelte Strukturen	50
3.9	Berechnung der dyadischen Green'schen Funktion im Ortsbereich	51
3.9.1	Integration entlang der reellen Achse	51
3.9.2	Integration entlang des SDP_2 -Pfades	55
3.9.3	Green'sche Dyade im Ortsbereich	56

4	Das Integralgleichungsverfahren zur Berechnung der Stromdichteverteilung	61
4.1	Äquivalente Flächenstromdichte	61
4.2	Die Integraldarstellung des Feldes mit der Green'schen Dyade	63
4.3	Aufstellen einer Integralgleichung	63
4.4	Anwenden der Momentenmethode	64
4.4.1	Die Momentenmethode	64
4.4.2	Numerische Lösung der Integralgleichung mittels der Momentenmethode	66
4.4.3	Auswahlkriterien für Basisfunktionen	68
4.4.4	Satteldach-Basisfunktionen zur Entwicklung der Quellen auf Metallisierungen	69
4.4.5	Satteldach-Basisfunktionen zur Entwicklung der Felder in Aperturen	71
4.4.6	Die Reaktionsmatrix mit Satteldach-Basisfunktionen	72
4.5	Bestimmung der Reaktionsintegrale	74
4.5.1	Ortsbereichsintegration	74
4.5.2	Spektralbereichsintegration	75
4.5.3	Spektralbereichsintegration bei elektrischen oder magnetischen Wänden in Azimut	78
4.5.4	Numerische Berechnung der Reaktionsintegrale	81
4.6	Anregungsmechanismus und Eingangsimpedanz	83
4.7	Weitere Kenngrößen von Streifenleitungsantennen	87
4.7.1	Resonanzfrequenz und Bandbreite	87
4.7.2	Das Fernfeld	88
4.7.3	Richtfaktor, Wirkungsgrad und Gewinn	90
4.7.4	Die Streumatrix einer Gruppenantenne	91
4.8	Direkt gekoppelte Streifenleitungsantennen	92
4.8.1	Z-polarisierter Strahler auf einem azimuthal geschlossenen Zylinder	93
4.8.2	φ -polarisierter Strahler auf einem azimuthal geschlossenen und einem halben Zylinder	96
4.8.3	Z-polarisierter Strahler auf einem azimuthal geschlossenen und einem halben Zylinder	100
4.8.4	Eingangsimpedanz als Funktion des Radius	103
4.8.5	Verkopplung zweier Strahler	104
4.8.6	Richtwirkung auf Zylindersegmenten	108
4.8.7	Strahlungsdiagramm als Funktion des Radius	109
5	Streifenleitungsantennen auf quasi-zylindrischen Strukturen	113
5.1	Definition quasi-zylindrischer Strukturen	114

5.2	Die Integraldarstellung des Feldes und das Green'sche Theorem	114
5.3	Störtheoretische dyadische Green'sche Funktion	118
5.3.1	Störung der Green'schen Dyade im Spektralbereich	119
5.4	Integralgleichung und Reaktionsberechnung quasi-zylindrischer Strukturen	123
5.4.1	Wahl der Basisfunktionen	124
5.4.2	Reaktionsintegrale	124
5.4.3	Diskretisierungsgitter mit Satteldach-Basisfunktionen	125
5.5	Analyse von Streifenleitungsantennen auf quasi-zylindrischen Strukturen	128
5.6	Direkt gekoppelte quasi-zylindrische Streifenleitungsantennen	129
6	Zusammenfassung	137
	Literaturverzeichnis	139
A	Dyadische Green'sche Funktionen und Systemgleichungen für verschieden geschichtete Strukturen	147
A.1	Dielektrische Wellenleiter	147
A.1.1	Zweifach geschichteter dielektrischer Wellenleiter	147
A.1.2	Zweifach geschichteter dielektrischer Wellenleiter mit Grundmetallisierung	148
A.2	Streifenleitungsstrukturen	149
A.2.1	Einfach geschichtete Streifenleitungsstruktur	149
A.2.2	Zweifach geschichtete Streifenleitungsstruktur	149
A.2.3	Elektrodynamisch gekoppelte Streifenleitungsstruktur	149
A.2.4	Aperturgekoppelte Streifenleitungsstruktur	151
B	Vektordarstellung der Green'schen Dyade	155
C	Lösung stark oszillierender Integrale mit der Sattelpunktmethode	157
C.1	Integration mit reeller Variablen entlang des SDP_1 -Weges	159
C.2	Integration mit reeller Variablen entlang des SDP_2 -Weges	160
D	Lösung der asymptotischen Integrale zur Transformation der Green'schen Dyade in den Ortsbereich	163
E	Lösung der asymptotischen Reaktionsintegrale der Spektralbereichsintegration	165
E.1	Asymptotische Reaktionsintegrale mit dyadischen Green'schen Funktionen in Schichtgrenzen mit stromführenden Metallisierungen	165

E.2	Asymptotische Reaktionsintegrale mit dyadischen Green'schen Funktionen in Aperturen	168
F	Das Fernfeld einer Punktquelle und die Methode der stationären Phase	171
F.1	Kreisförmig geschlossener Zylinder	172
F.2	Fernfeld bei elektrischen Wänden in Azimut	176
G	Fotos der Antennen	179
H	Liste der Formelzeichen und Abkürzungen	185
I	Lebenslauf des Autors	193
J	Danksagung	195
	Sachregister	197